



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 41 26 608 A 1

51 Int. Cl. 4:
A 61 B 17/39
H 03 L 5/00
H 03 B 1/02

21 Aktenzeichen: P 41 26 608.0
22 Anmeldetag: 12. 8. 91
24 Offenlegungstag: 18. 2. 93

DE 41 26 608 A 1

71 Anmelder:

Fastenmeier, Karl, Prof. Dr.-Ing., 8000 München, DE;
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 8033 Planegg, DE

72 Vertreter:

Lindenmeier, H., Prof. Dr.-Ing., 8033 Planegg

72 Erfinder:

Fastenmeier, Karl, Prof. Dr.-Ing., 8000 München, DE;
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 8033 Planegg, DE;
Lohr, Georg, Dipl.-Ing., 8012 Ottobrunn, DE

54 Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe mit Hochfrequenzstrom

57 Beim Schneiden mit Hochfrequenzstrom, kann die an das Gewebe abgegebene Leistung auf das momentan benötigte Maß eingestellt werden, wenn das Ausmaß des beim Schneiden zwischen Chirurgiesonde und Gewebe brennenden Lichtbogens konstant geregelt wird. Die direkte Regelung einer der Ausgangsgrößen, der zum Schneiden benutzten Anordnung ist nachteilig, da die mit dem Zustandekommen des Lichtbogens beteiligten physikalischen Effekte meist verzögert auf die Änderung der Ausgangsgröße reagieren, der Lichtbogen selbst nur als stochastische GröÙer erfaßt werden kann und meist weitere Totzeiten beim Schneiden auftreten. Deshalb ist es notwendig, die Anordnung so zu erweitern, daß eine stabile Regelung des Ausmaßes des Lichtbogens erreicht wird.

Es wird die Regelung des Ausmaßes des Lichtbogens mit einer schnell arbeitenden Regelung einer der charakteristischen Kenngrößen des Generatorbauteiles kombiniert. Die Regelung des Ausmaßes des Lichtbogens gibt für die schnelle Regelung den Sollwert vor. Die schnelle Regelung gleicht kurzzeitig die Haupteinflußgrößen auf den Leistungsbedarf beim Schneiden aus, die langsamere Lichtbogenregelung hält das Ausmaß des Lichtbogens, über längere Zeit gesehen, konstant.

Bei der HF-Chirurgie sind durch diese Anordnung nekrosearme Schnitte zu erreichen. Dabei steht in jedem Moment hinreichend Leistung zum zügigen Schneiden zur Verfügung.

DE 41 26 608 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe mit Hochfrequenzstrom gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Hochfrequenzströme werden in der Chirurgie zum Schneiden von biologischem Gewebe oder zum Koagulieren, d. h. Blutstillen verwendet. Beim Schneiden wird eine nahezu kontinuierliche Hochfrequenzleistung zugeführt. Ein Problem der Hochfrequenzchirurgie ist dabei die richtige Leistungsdosierung beim Schneiden. Bei einer zu niedrig eingestellten Leistung wird das Gewebe mechanisch stark belastet, es kann nicht zügig geschnitten werden oder der Schneidvorgang kommt ganz zum Erliegen. Ist die Hochfrequenzleistung dagegen zu hoch eingestellt, entsteht zwischen Chirurgiesonde und dem Gewebe ein kräftiger Lichtbogen. Dieser Lichtbogen verursacht zum einen eine starke Nekrotisierung des Gewebes, wodurch der Heilungsprozeß beeinträchtigt wird. Ein zu stark ausgeprägter Lichtbogen hat aber noch weitere Nachteile. Der wesentliche ist eine teilweise Gleichrichtung des Hochfrequenzstromes durch den Lichtbogen, was die Gefahr von Nerven- und Muskelreizungen beim Patienten hervorruft. Solche Muskel- und Nervenreizungen können zu plötzlichen, unvorhersehbaren Bewegungen des Patienten führen, selbst wenn sich dieser in Vollnarkose befindet. In diesem Falle kann der Chirurg nicht mehr kontrolliert arbeiten und es besteht für den Patienten ein hohes Verletzungsrisiko durch die Chirurgiesonde. Durch zu starken Lichtbogen wird zudem das Gewebe zersetzt und bei Unterwasserschneiden, wie z. B. in der Urologie, kann sogar die Spülflüssigkeit thermisch dissoziiert werden. Durch beide Prozesse entstehen explosive Gasgemische, die bei Operationen in Körperhöhlungen zu gefährlichen Explosionen im Körper des Patienten führen können.

Die zum Schneiden notwendige Leistung und das Ausmaß des entstehenden Lichtbogens ist dabei zusätzlich von einer Vielzahl von äußeren Parametern geprägt. Haupteinflußgrößen sind z. B.

- die spezifische elektrische Leitfähigkeit des momentan geschnittenen Gewebes, die einerseits von der Gewebeart und andererseits vom Austrocknungsgrad des Gewebes abhängt,
- die momentane Schnittgeschwindigkeit die momentane Schnitttiefe,
- die Form der Chirurgiesonde,
- die Abmessungen der Chirurgiesonde,
- die spezifische elektrische Leitfähigkeit einer eventuell vorhandenen Spülflüssigkeit, die sich durch einschwemmtes Blut und eingeschwemmte Elektrolyte auch während eines Schnittes verändern kann,
- die Operationsort vorhandene Geometrie bzw. die dortige Verteilung von hochohmigen und niederohmigen Gewebeteilen
- die momentane Stromdichteverteilung im Körper des Patienten, die sich insbesondere beim Zünden eines Lichtbogens zwischen Chirurgiesonde und zu schneidenden Gewebes extrem schnell und stark ändern kann.

Eine Regelung einer der charakteristischen Kenngrößen des Hochfrequenz-Chirurgiegenerators, das sind z. B.

- der an den Patienten abgegebene Hochfre-

quenzstrom

- die an den Patienten angelegte Hochfrequenzspannung,
- die an den Patienten abgegebene Hochfrequenzleistung
- die am Generator eingestellte Leerlaufspannung, kann jeweils nur einen Teil, der durch die äußeren Parametern verursachten Einflüsse, ausregeln. So gleicht z. B. eine in der Deutschen Patentanmeldung DP-A-02 85 962 vorgeschlagene Regelung der Ausgangsspannung auf konstanten Wert den Einfluß von Schnitttiefe und Schnittgeschwindigkeit weitgehend aus. Eine geänderte spezifische elektrische Leitfähigkeit des Gewebes, z. B. durch Austrocknung des Gewebes erfordert eine Änderung der Ausgangsspannung, kann also gerade durch eine solche Regelung nicht erfaßt werden.

Die optimale Einstellung des Hochfrequenzgenerators ist dann gegeben, wenn zwischen Chirurgiesonde und Gewebe ein kleiner Lichtbogen besteht, der einerseits für einen zum Schneiden günstigen punktförmigen Übertritt des HF-Stromes von der Chirurgiesonde zum Gewebe sorgt, aber der andererseits die beschriebenen Nachteile eines starken Lichtbogens noch nicht hervorruft.

In dem deutschen Patent P 25 04 280.235 wird deshalb eine Vorrichtung zum Schneiden und/oder Koagulieren menschlichen Gewebes mit Hochfrequenzstrom beschrieben, bei der eine Anzeigevorrichtung vorhanden ist, die das Ausmaß des zwischen Sonde und Gewebe auftretenden Lichtbogens durch ein elektrisches Signal anzeigt und die eine Regeleinrichtung enthält, die die Stromstärke des an den Patienten abgegebenen Hochfrequenzstromes und damit auch die dem Patienten zugeführte Hochfrequenzleistung, so regelt, daß das Ausmaß des Lichtbogens gleich einem voreingestellten Wert ist.

Messungen bei Operationen, die mit Chirurgiegeneratoren durchgeführt wurden, deren Leistungseinstellung nach diesem Regelprinzip durchgeführt wird, zeigten deutliche Vorteile gegenüber Operationen mit Generatoren ohne solche Regelungen. Selbst wenn sich die Parameter stark ändern, die sonst noch Einfluß auf die notwendige Generatoreinstellung nehmen, wie elektrische Leitfähigkeit des Gewebes, Austrocknungsgrad des Gewebes, Schnittgeschwindigkeit, Schnitttiefe, Form und Abmessungen der Chirurgiesonde usw., kann mit ein und derselben Einstellung des Sollwertes für das Ausmaß des Lichtbogens gearbeitet werden. Die Schnitte sind dabei kaum verschorft, die an den Patienten abgegebene Leistung konnte in einigen Fällen bis auf ein Drittel verringert werden, gegenüber vergleichbaren Operationen mit einem Generator ohne Lichtbogenregelung.

Trotzdem besitzt diese Regelung noch einige Mängel. Sie können beschrieben werden, wenn die physikalischen Effekte näher betrachtet werden, die mit dem beim Schneiden am Operationsort brennenden Lichtbogen verknüpft sind. Der Lichtbogen ist nicht allein von der Leistungsdosierung abhängig. Eine Reihe weiterer physikalischer Effekte wirken auf das Ausmaß des Lichtbogens ein.

Zunächst muß die elektrische Spannung zwischen Chirurgiesonde und Gewebe so hoch sein, daß überhaupt ein Lichtbogen zünden kann. Das erfordert zum einen eine entsprechend hohe Leerlaufspannung des Generators, zum anderen muß aber auch zwischen Chi-

rurgiesonde und Gewebe eine hochohmige oder isolierende Schicht vorhanden sein. Bei verkrusteter Chirurgiesonde wird diese Schicht unter Umständen durch einen Belag aus eingetrockneten Blutkoageln und hängengebliebenen Geweberesten gebildet. Bei kleinem Spalt zwischen Chirurgiesonde und Gewebe bildet Luft oder eine nur gering leitfähige Spülflüssigkeit die hochohmige oder isolierende Schicht. Berührt die Chirurgiesonde das Gewebe und ist ihre Oberfläche sauber, so wird diese hochohmige oder isolierende Schicht durch eine Dampfschicht gebildet, die beim Verdampfen der Zellflüssigkeit entsteht. Die Dicke der entstehenden Dampfschicht hängt dabei von der zugeführten elektrischen Leistung ab.

Die Dicke der hochohmigen oder isolierenden Schicht beeinflusst nun ihrerseits wieder den Lichtbogen und seine Auswirkungen. Je dicker die hochohmige oder isolierende Schicht ist, umso größer wird die Schlagweite des Lichtbogens und umso mehr Leistung wird am Übertrittsort des Lichtbogens in Energie umgesetzt. Hierdurch entsteht ein Teil der beschriebenen Nachteile beim Auftreten eines zu starken Lichtbogens. Mit steigender Schlagweite des Lichtbogens wird zudem der Zusammenhang zwischen HF-Strom im Lichtbogen und HF-Spannung am Lichtbogen immer nichtlinearer. Es steigen dadurch die durch den Lichtbogen in HF-Strom und Spannung entstehenden nichtlinearen Signale, die primär zur momentanen Generatorfrequenz harmonisch sind. Das sind einerseits die Harmonischen 2., 3., 4., und höherer Ordnung, deren Frequenzen das 2fache, 3fache, 4fache, ... der momentanen Frequenz des Ausgangssignal ist, und es ist die Harmonische 0. (nullter) Ordnung, die den Gleichrichtereffekt des Lichtbogens beschreibt. Dieser im Lichtbogen entstehende Gleichanteil ist für die Nerven- und Muskelreizungen verantwortlich.

Die Dicke der Dampfschicht folgt als thermischer Effekt nicht sofort der momentan zugeführten Leistung. Das Regelsystem erhält damit eine Totzeit. Das ist besonders beim Anschneiden zu erkennen. Vom Zeitpunkt des Einschaltens des Generators bis zu dem Zeitpunkt zu dem ein Lichtbogen erstmals zündet, vergeht eine nicht vernachlässigbare Zeitspanne, manchmal dauert es einige Sekunden bevor der Schnitt wirklich beginnt. Es ist in der Regelungstechnik bekannt, daß Regelsysteme, die Totzeiten enthalten nur schwer zu stabilisieren sind.

Außerdem brennt der Lichtbogen nicht die ganze Zeit gleichmäßig auf der Oberfläche der Chirurgiesonde. Der Lichtbogen wird, ausreichend hohe Spannung vorausgesetzt, dort zünden, wo die Dampfschicht am dünnsten ist. Die durch den Lichtbogen hervorgerufene starke Energiekonzentration am Übertrittsort des Hochfrequenzstromes verdampft dort die Zellflüssigkeit, die Übertrittsstelle wird dann schnell zu der Stelle mit der dicksten isolierenden Schicht. Der Lichtbogen zündet dann an anderer Stelle. Auf diese Weise tastet der Lichtbogen die gesamte Oberfläche der Chirurgiesonde ab und verdampft letztlich entlang ihrer gesamten Oberfläche die Zellflüssigkeit. An welcher Stelle und mit welcher Schlagweite der Lichtbogen brennt, ist dabei so zufällig, daß das Brennen des Lichtbogens als stochastischer Vorgang betrachtet werden muß. Das hat Auswirkungen auf das Spektrum von Hochfrequenzstrom und Hochfrequenzspannung. So sind z. B. die durch den Lichtbogen entstehenden Spektralanteile in ihrer Amplitude nicht konstant. Die Änderungsgeschwindigkeit reicht dabei bis an eine obere Grenze

heran, die durch die Betriebsfrequenz vorgegeben ist. Dadurch entsteht im Frequenzspektrum zusätzlich ein breitbandiges Rauschen, das in EP-A-02 19 568 zur Erkennung des Lichtbogens genutzt wird.

Beeinflussen solche stochastischen Schwankungen die Meßgrößen, die für eine Regelung benutzt werden, so müssen die zufälligen Schwankungen immer durch Mittelwertbildung ausgeglichen werden. Die Messung der stochastischen Vorgängen erfordert somit immer eine endliche Meßzeit. Dies bedeutet wiederum, daß die Regelung nicht beliebig schnell erfolgen kann. Durch die endliche Zeit, die vergeht bis eine eindeutige Regelgröße vorliegt, ist es nicht möglich den Lichtbogen auf konstanten Momentanwert zu regeln. Ein zusätzliches Problem bei einer Regelung des Lichtbogens liegt in der bekannten physikalischen Tatsache, daß der im Lichtbogen geltende nichtlineare Zusammenhang zwischen Hochfrequenzspannung und Hochfrequenzstrom stückweise negative Steilheit besitzt, d. h. es ist möglich, daß bei Erhöhung der momentanen Spannung der momentane Strom abnehmen kann und bei Erniedrigung der momentanen Spannung der momentane Strom ansteigen kann. Es ist bekannt, daß solche Vorgänge Schwingungen anregen können und Regelungen entstabilisieren können.

Aufgabe der Erfindung ist es nun die Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe mit Hochfrequenzströmen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 so auszugestalten, daß trotz der beschriebenen Totzeiten, der notwendigen Mittelwertbildungen und der Gefahr der Entstabilisierung der Regelung durch die physikalischen Effekte des Lichtbogens eine stabile Regelung erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird die Anordnung zur Anzeige des Ausmaßes des Lichtbogens mit einer Regelung mindestens einer der charakteristischen Kenngrößen des Generators entsprechend Patentanspruch 1 kombiniert. Es wird dabei die mindestens eine der charakteristischen Kenngrößen des Generators auf einen 1. Sollwert geregelt. Dadurch wird die Auswirkung eines Teiles der äußeren Parameter auf das Schneidverhalten beseitigt. Vorzugsweise wird man die charakteristische Kenngröße auf einen Sollwert regeln, die den äußeren Parameter beeinflusst, der bei der momentan durchgeführten Operationsart am meisten Einfluß auf das Schneidverhalten besitzt. Ändern sich Gewebart und Austrocknungszustand nur langsam, müssen aber Schnitttiefe oder Schnittgeschwindigkeit laufend variiert werden, so ist es günstig die Ausgangsspannung zu regeln.

Bei einer Regelung des Hochfrequenzstromes oder der Hochfrequenzleistung auf einen 1. Sollwert wird der Einfluß der spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten auf das Schneidverhalten weitestgehend eliminiert, es bleibt in diesem Falle die Einflüsse von Schnitttiefe und Schnittgeschwindigkeit das Schneidverhalten.

Diese bei der jeweiligen Regelung der charakteristischen Kenngröße des Generators nicht beeinflussbaren Wirkungen äußerer Parameter, werden dadurch ausgeglichen, daß der 1. Sollwert nicht konstant ist, sondern aus einem Vergleich des elektrischen Signales einer Anzeigeeinrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens mit einem 2. Sollwert gewonnen wird. Die Gewinnung des 1. Sollwertes erfolgt dazu in einer Auswerteeinrichtung, der einerseits das elektrische Ausgangssignal der Anzeigeeinrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens zugeführt ist und andererseits der 2. Sollwert zugeführt ist. Für eine stabile Regelung ist es dabei notwendig, daß sich der in der Auswerteeinrichtung generierte 1. Soll-

wert für die Regeleinrichtung um mindestens eine Größenordnung langsamer ändert, als die Regeleinrichtung Zeit benötigt, die charakteristische Kenngröße auf den Sollwert einzuregeln. Kurzfristige Änderungen der äußeren Parameter werden somit durch die schnell arbeitende Regelung der charakteristischen Kenngröße in ihrer Wirkung auf das Schneidverhalten ausgeglichen. Über längere Zeit hinweg gemittelt, ist das Ausmaß des Lichtbogens konstant und durch den 2. Sollwert bestimmt. Der 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens wird von einem Sollwertgeber geliefert. Im einfachsten Fall gibt der Sollwertgeber einen fest eingestellten Sollwert ab. Meist wird der operierende Arzt noch Einfluß auf den vom Sollwertgeber abgegebenen 2. Sollwert nehmen können und dem Operationsziel anpassen können. Sehr kleine 2. Sollwerte für das Ausmaß des Lichtbogens führen zu Schnitten mit minimaler Nekrose und minimalen Muskel- und Nervenreizungen. Diese Einstellung wird man immer wählen, wenn z. B. in der Nähe von Nervenzentren geschnitten wird und die Gefahr besteht, daß der Patient durch Reizen dieser Nerven zuckt. Solche plötzlichen Bewegungen des Patienten erschweren die Operation und beinhalten die Gefahr, daß der Arzt zu tief schneidet und dabei den Patienten ernsthaft verletzen kann.

Bei Operationen bei denen viel Gewebe entfernt wird, z. B. bei Prostataktomien bis zu 100 g Prostatagewebe, ermöglicht eine höhere Einstellung des Sollwertes für das Ausmaß des Lichtbogens ein zügiges Schneiden. Da zu Beginn dieser Operationen Gewebe in mehreren Schichten abgetragen wird, stört bei den oberen Schichten eine erhöhte Nekrose zunächst nicht, da im weiteren Verlauf der Operation auch diese nekrotisierten Gewebeteile entfernt werden.

Für die Konstruktion der Anordnung zum Schneiden biologischen Gewebes ergeben sich durch die erfindungsgemäß Kombination von Regeleinrichtung für eine der charakteristischen Kenngrößen des Generator- teiles mit der Anzeigeeinrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens nach Anspruch 1 weitere Vorteile.

So muß die Regelung der charakteristischen Kenngröße nicht exakt erfolgen, geringfügige Regelabweichungen werden über längere Zeit durch das Nachziehen des 1. Sollwertes ausgeglichen.

Außerdem ist damit nicht notwendig, daß als geregelte charakteristische Kenngröße, unmittelbar eine der Ausgangssignale des Generators wie Ausgangsspannung, Ausgangsstrom, Ausgangsleistung, Leerlaufspannung usw. benutzt wird. Vielmehr können auch charakteristische Kenngrößen, die innerhalb des Generator- teiles auftreten, geregelt werden, wenn sie nur einen eindeutigen Zusammenhang mit den Ausgangsgrößen des Generators besitzen. So genügt es z. B. bei einer Leistungsstufe des Generator- teiles, die so ausgestaltet ist, daß sie geringen Innenwiderstand besitzt und somit ihre Ausgangsspannung bis auf einen nicht allzugroßen Spannungsabfall an diesem Innenwiderstand näherungsweise proportional zur Spannung ihrer Gleichstromversorgung ist, diese Gleichspannung zu regeln. Der Schaltungsaufwand für die Regeleinrichtung kann sich in einem solchen Falle wesentlich vermindern.

Die Kombination der Regeleinrichtung für eine der charakteristischen Kenngrößen mit der Anzeigeeinrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens nach Anspruch 1 ermöglicht es auch, für die Anzeigeeinrichtungen physikalische Verfahren zu nutzen, die für eine direkte Regelung für konstantes Ausmaß des Lichtbogens zu langsam sind. So wird in der Patentschrift des deutschen

Patentes DE 25 04 280 als besonderer Vorteil der Regelung auf die 3. und höherer Harmonische beschrieben, daß nur die diese Harmonische eine schnelle Regelung zulassen. Müssen durch die Regelung auf konstanten Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens nur Regelabweichungen und langsam sich ändernde Vorgänge ausgeglichen werden, kann auch die besonders einfach zu messende 0. Harmonische zur Anzeige des Ausmaßes des Lichtbogens mit hinreichendem Erfolg genutzt werden. Wird beispielhaft die Anzeige des Ausmaßes des Lichtbogens über die 0. Harmonische mit einer Regeleinrichtung für die Ausgangsspannung des Generator- teiles kombiniert, so ergibt sich folgender Wirkungsmechanismus der Gesamtanordnung: Für unterschiedliche Schnittgeschwindigkeit und Schnittiefe erreicht die Konstantregelung der Ausgangsspannung nahezu konstante Schneidbedingungen und konstantes Ausmaß des Lichtbogens. Eine Nachführung der Ausgangs- Spannung ist nur notwendig, wenn sich die Leitfähigkeit des Gewebes am Operationsort ändert. Dies geschieht entweder, wenn der Schnitt in ein Gewebegebiet mit andersartigen Gewebe führt, z. B. von Muskelgewebe in Fettgewebe, oder wenn durch stetige Erwärmung das Operationsgebiet langsam austrocknet. In diesem Falle wird bei zunächst bei konstanter Ausgangsspannung das mittlere Ausmaß des Lichtbogens verringert werden. Als Folge davon nehmen die niederfrequenten Anteile und vor allem der Richtstrom ebenfalls ab. Das Ausgangssignal der Lichtbogenregelung wird geringer, die Auswerteeinrichtung erhöht den 1. Sollwert für die Regeleinrichtung bis das Signal der Anzeigeeinrichtung wiederum gleich dem 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens ist. Wird für die Anzeige des Lichtbogens ein physikalischer Effekt benutzt, der eine schnelle Erkennung des Ausmaß des Lichtbogens zuläßt, wie etwa die Auswertung der im Generatorstrom enthaltenen Harmonischen höherer Ordnung, so muß die Auswerteeinrichtung die Änderungsgeschwindigkeit ihres Ausgangssignales, also dem der Regeleinheit zugeführten 1. Sollwert durch geeignete Maßnahmen so begrenzen, daß die Anstiegsgeschwindigkeit mindesten um eine Größenordnung geringer ist, als die Regelgeschwindigkeit der Regeleinrichtung.

In einer besonders günstigen Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit dadurch, daß zunächst die momentane Abweichung des Ausgangssignales der Anzeigeeinrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens mit dem 2. Sollwert verglichen wird. Eine mögliche schaltungs- technische Realisation dieses Vergleiches kann durch Bildung der Differenz beider Signale, vorzugsweise mit einem Differenzverstärker erfolgen. Das damit gebildete Differenzsignal wird sich zunächst noch schnell ändern. Wird nun der zeitliche Mittelwert dieses Signales gebildet, ist dieses Ausgangssignal geeignet, als 1. Sollwert der Regeleinrichtung zugeführt zu werden. Schaltungen zur Mittelwertbildung sind allgemein bekannt. Die einfachste Realisierung besteht in einem RC-Tiefpaß mit definierter Grenzfrequenz f_{gl} .

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Auswerteeinrichtung wird ebenfalls ein Differenzsignal aus dem Ausgangssignal der Anzeigeeinrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens und dem 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens gebildet. Dieses Ausgangssignal wird einer Schaltung mit zeitlich integrierender Wirkung zugeführt, wie sie z. B. in bekannter Weise mit Hilfe eines kapazitiv rückgekoppelten Differenzverstärkers realisiert werden kann. In diesem Falle wird sich

das Ausmaß des Lichtbogens so lange verändern, bis ohne bleibende Regelabweichung das Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens gleich dem 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens ist. Ein eventuell notwendiger Gleichspannungsoffset für den 1. Sollwert, der der Regeleinrichtung zugeführt wird, stellt sich durch diese Ausgestaltung automatisch ein.

Durch Mittelwertbildung oder Integration wird der 1. Sollwert nur langsam verändert. Wegen der bereits beschriebenen Totzeiten bis zum Zünden eines Lichtbogens ist es meist zweckmäßig das Ausgangssignal des Generators nur sehr langsam zu erhöhen. Wenn der Lichtbogen dann auftritt, ist trotz der Totzeiten der 1. Sollwert nur geringfügig größer, als es im eingeschwungenen Zustand der Regelung optimal wäre. Das Ausmaß des Lichtbogens ist dann ebenfalls nahe dem Optimum. Die Regelgeschwindigkeit des 1. Sollwertes für eine höhere charakteristische Kenngröße des Generators wird in diesem Falle wesentlich geringer als eine Größenordnung der Regelgeschwindigkeit der Regeleinrichtung sein. Tritt in diesem Falle ein zu hoher Lichtbogen auf, entweder dadurch daß sich die äußeren Parameter geändert haben oder weil die Totzeit so lange gedauert hat, daß der der Regeleinrichtung zugeführte 1. Sollwert doch weit über den optimalen Wert angelegen ist, so würde der dann zu stark brennende Lichtbogen die bereits beschriebenen Nachteile hervorrufen. In diesem Falle wird die Auswerteinrichtung so ausgebildet, daß die Änderungsgeschwindigkeit des 1. Sollwertes in die Richtung, die ein Herunterregeln der geregelten charakteristischen Kenngröße des Generators bedeutet, wesentlich größer also mindestens eine Größenordnung größer ist als beim Hochregeln.

Ein besonderes Problem bei einer Regelung, die das Ausmaß des Lichtbogens konstant hält ist die Zeit die zwischen Generatoraktivierung und dem 1. Zünden des Lichtbogens vergeht. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich das zu schneidende Gewebe auf Körpertemperatur. Nun muß zunächst das Gewebe auf Siedetemperatur der Zellflüssigkeit hochgeheizt werden und dann muß genügend Zellflüssigkeit verdampft werden, bis Chirurgiesonde und Gewebe vollständig durch eine Dampfschicht voneinander isoliert sind, erst dann kann der Lichtbogen zünden. Messungen zeigen, daß in diesem Falle zwischen Generatoraktivierung und dem Zünden des Lichtbogens mehrere Sekunden vergehen können, vor allem dann, wenn die Chirurgiesonde bei der Generatoraktivierung fest auf das Gewebe aufgedrückt ist. In diesem Falle steigt während der gesamten Zeit, in der kein Lichtbogen gezündet hat der 1. Sollwert für die Regeleinrichtung zur Regelung einer der charakteristischen Kenngröße des Generators stetig an. Ohne besondere Maßnahme brennt dann, wenn erst der Lichtbogen gezündet hat ein viel zu großer Lichtbogen. Dieser Nachteil kann vermieden werden, wenn der 1. Sollwert durch eine geeignete Schaltung nicht über einen vorgegebenen Grenzwert ansteigen kann. So zeigen Messungen, daß z. B. in der Zahnheilkunde keine Spannungen mit einem Effektivwert höher als 250 V benötigt werden, wenn der zur Operation benötigte Strom wieder niederohmig zum Generator zurückgeführt wird. In diesem Falle ist es günstig, die Ausgangsspannung des Generators als charakteristische Kenngröße auf konstanten Wert zu regeln aber keine höheren Sollwerte für die Regeleinrichtung zuzulassen, als es einer Ausgangsspannung von 250 V entspricht.

Für die charakteristische Kenngröße des Generators,

die durch die Regeleinrichtung auf den 1. Sollwert geregelt wird, kann häufig auch eine untere, für die Anwendung sinnvolle Schranke angegeben werden. So sind für die Amplitude der an das Gewebe angelegten Spannung Werte von mindestens 150 V notwendig, daß überhaupt ein Lichtbogen zünden kann. In diesem Falle ist es sinnvoll, den Sollwert für die Regeleinrichtung so zu begrenzen, daß der für die Anwendung sinnvolle Grenzwert der charakteristischen Kenngröße nicht unterschritten wird und natürlich der sinnvolle obere Wert nicht überschritten wird. In diesem Falle ist der notwendige Regelbereich für die Regelung der charakteristischen Kenngröße des Generators eingeschränkt, es lassen sich damit höhere Regelgeschwindigkeiten und höhere Stabilität der Regelung erreichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, wird das Problem der manchmal langen Zeitverzögerung von Generatoraktivierung bis zum Zünden des Lichtbogens dadurch vermieden, daß die Auswerteinrichtung um einen Schaltungsteil erweitert ist, der erkennt ob ein Lichtbogen gezündet hat oder nicht. In einfachster Form besteht dieser Schaltungsteil aus einem Komparator, der anzeigt, ob das Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens von null verschieden ist. Ist das Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung gleich null, so ist kein Lichtbogen vorhanden. Als 1. Sollwert für die Regeleinrichtung wird in diesem Falle ein festgelegter Sollwert weitergegeben. Erst wenn der Lichtbogen gezündet hat, wird der 1. Sollwert aus einem Vergleich des zweiten Sollwertes mit dem Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens gebildet. Natürlich wird man bei der praktischen Realisierung die Schaltung so aufbauen, daß Mittelwertbildung oder Integrationsschaltung in der Zeit ohne Lichtbogen nicht in eine Begrenzung laufen. Das Einschwingen der Regelung würde sonst unnötig verlangsamt.

Bei manchen Operationen aktiviert der Arzt den Generator bereits eine Zeit bevor er mit der Chirurgiesonde das Gewebe berührt. Das wird insbesondere der Fall sein, wenn er nur wenig Gewebe abzutragen hat, dabei aber besonders vorsichtig vorgehen muß. In diesem Falle ist die Zeit zwischen Generatoraktivierung und das Auftreten eines Lichtbogens nochmals verlängert. Der Zustand, daß die Chirurgiesonde das Gewebe noch nicht berührt hat, läßt sich durch eine Überwachung der zwischen Chirurgiesonde und Gewebe auftretenden Impedanz Z, erkennen. Deshalb wird in einer weiteren vorteilhaften Ausführung die Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe durch eine Schaltung zur Ermittlung der momentanen Impedanz ergänzt und deren Ausgangssignal ebenfalls der Auswerteinrichtung zugeführt. In Verbindung mit dem Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens kann dann der 1. Sollwert noch besser an das Operationsgeschehen angepaßt werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird dabei der 1. Sollwert für die Regeleinrichtung solange auf einen voreingestellten niedrigen Wert gesetzt, solange durch eine hochohmige Impedanz Z angezeigt ist, daß die Chirurgiesonde das Gewebe noch gar nicht berührt. Erst wenn die Impedanz Z einen voreingestellten Grenzwert zu unterschreitet, wird die charakteristische Kenngröße des Generators auf die sonst von der Auswerteinrichtung vorgegebene größer eingestellt. Der Grenzwert zu hängt dabei von der Anwendung der Anordnung ab. Ist die beschriebene Anordnung Bestandteil eines HF-Chirurgiegenerators

für die Zahnmedizin, so zeigen Messungen der Erfinder, daß bei einer Generatorfrequenz von 350 kHz ohne Geweberührung die Belastungsimpedanz des HF-Generators bei einer Operationsanordnung mit angelegter Ableitelektrode über 20 k Ω beträgt und bei Geweberührung deutlich darunter ist. In diesem Falle ist es sinnvoll als Schwellwert einen Impedanzwert Z_u von 20 k Ω zu wählen.

Die Anzeigevorrichtung für die Belastungsimpedanz muß nicht notwendigerweise einen Analogwert an die Auswerteeinrichtung weiterreichen. Die Entscheidung ob die Chirurgiesonde das Gewebe berührt oder nicht kann bereits in der Anzeigevorrichtung zur Bestimmung der Belastungsimpedanz getroffen werden. In diesem Falle kann die sonst zur Impedanzbestimmung notwendige Quotientenbildung von Generatorspannung U durch Generatorstrom I ($Z = U/I$) entfallen. Es genügt dann einen zum Generatorstrom I proportionalen Wert $v_1 \cdot I$ und einen zur Generatorspannung proportionalen Wert $v_2 \cdot U$ an einen Komparator zu geben. Das Ausgangssignal des Komparators wird genau dann seinen Schaltzustand ändern, wenn $v_1 \cdot I$ gleich $v_2 \cdot U$ ist ($v_1 \cdot I = v_2 \cdot U$). Damit ist der Grenzwert für die Umschaltung Z_u gegeben durch $Z_u = v_2/v_1$. Die Faktoren v_1 und v_2 können in jedem Elektrotechniker bekannten Verfahren z. B. durch Spannungsteilerschaltungen leicht eingestellt werden. Das Ausgangssignal des Komparators besitzt dann nur die zwei Schaltzustände, die anzeigen ob die momentane Belastungsimpedanz Z der Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe größer oder kleiner als Z_u ist. Dieses Signal kann dann als Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung für die Belastungsimpedanz der Auswerteeinrichtung zugeführt werden. Dort kann es ohne oder mit nur geringer Weiterverarbeitung als Umschaltssignal von vorgegebenen niedrigen Wert, auf den aus der Anzeigevorrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens ermittelten variablen Wert für den 1. Sollwert für die Regeleinrichtung dienen.

Für die praktische Ausführung der Auswerteeinrichtung können alle bekannten analog arbeitenden Schaltungen, die die in den Patentansprüchen definierten Eigenschaften besitzen, verwendet werden. Da der 1. Sollwert, der der Regeleinrichtung für einen charakteristischen Kennwert des HF-Generators von der Auswerteeinrichtung zugeführt ist, sich nur langsam zu ändern braucht, kann die Auswerteeinrichtung in einer besonders vorteilhaften Ausführung auch durch digitale Schaltglieder realisiert sein. Neu auf dem Markt befindliche HF-Chirurgiegeneratoren enthalten zum Teil bereits Mikroprozessoren. In diesem Falle besteht eine besonders vorteilhafte Ausführungsform für die Auswerteeinrichtung darin, daß die Mittelwertbildung oder die Integrationsschaltung und/oder die beschriebenen Schaltfunktionen durch den Mikroprozessor vorgenommen werden. In diesem Falle kann die Gesamtanordnung besonders einfach an die unterschiedlichen Operationsaufgaben angepaßt werden. Es genügt dann zum Erreichen unterschiedlicher Charakteristiken oder unterschiedlicher Grenzwerte das Programm des Mikroprozessors zu ändern.

Zur weiteren Verdeutlichung der Erfindung sind noch Zeichnungen beigelegt. Es zeigen:

Fig. 1 Prinzipschaltbild einer Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe entsprechend Anspruch 1.

Fig. 2 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit Differenzbildung und Mittelwertbildung.

Fig. 3 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit Differenzbildung und Integration.

Fig. 4 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit unterschiedlichen Zeitkonstanten für die Regelung in Aufwärtsrichtung bzw. in Abwärtsrichtung mit Diagrammen der Zeitverläufe der Regelsignale.

Fig. 5 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit Begrenzung des Sollwertes für die Regeleinrichtung auf einen maximalen Grenzwert.

Fig. 6 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit Begrenzung des Sollwertes für die Regeleinrichtung auf einen maximalen oberen Grenzwert und auf einen minimalen unteren Grenzwert.

Fig. 7 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit Umschalten des Sollwertes für die Regeleinrichtung auf einen voreingestellten festen Wert B_1 solange kein Lichtbogen erkannt ist.

Fig. 8 Prinzipschaltbild der Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe entsprechend Anspruch 9.

Fig. 9 Prinzipschaltbild einer Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung mit Umschalten des Sollwertes für die Regeleinrichtung auf einen voreingestellten festen Wert B_2 solange die Belastungsimpedanz Z kleiner ist als ein voreingestellter Grenzwert Z_u .

In Fig. 1 ist das Prinzipschaltbild der Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe (1) gemäß Anspruch 1 zusammen mit der am häufigsten verwendeten Ankopplung des Gewebes an die Anordnung dargestellt. Die eine Klemme der Anordnung ist leitend mit der Chirurgiesonde (8) verbunden. Die Chirurgiesonde wird häufig auch Aktive Elektrode oder Schneidelektrode genannt. Die zweite Klemme ist meist leitend mit einer zweiten, großflächigen Elektrode (10), die in der Regel abseits des Operationsortes angebracht ist, verbunden. Diese zweite Elektrode wird häufig als Ableitelektrode, Neutrale Elektrode oder Passive Elektrode bezeichnet. Zwischen der Chirurgiesonde (8) und der zweiten Elektrode befindet sich das zu schneidende biologische Gewebe (8). Während des Schnittes bildet sich zwischen Chirurgiesonde (7) und Gewebe (8) eine Hochohmige oder isolierende Schicht (11) die durch einen Lichtbogen (9) durchschlagen wird. Die Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe gemäß Anspruch 1 besteht aus einem Generatorteil (2), durch das die zum Schneiden notwendige HF-Leistung erzeugt wird. Für die Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe benötigt man dabei ein Generatorteil (2) dessen Ausgangsleistung durch ein elektronisches Signal (a) verändert werden kann. Dabei ist es für die Erfindung nicht von Bedeutung auf welche der Ausgangsgrößen des Generatorteiles wie Ausgangsspannung, Ausgangsstrom, Ausgangsleistung, Leerlaufspannung primär durch das Signal a beeinflusst wird. Über die Generatorcharakteristik und die durch die äußere Beschaltung festgelegte Impedanz sind diese Größen alle eindeutig miteinander verknüpft. In der Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe ist als weitere Baugruppe eine Einrichtung zum Regeln mindestens einer der charakteristischen Kenngrößen des Generators vorhanden. Das Signal (b) stellt in dieser Anordnung einen 1. Sollwert dar, auf den die charakteristische Größe (K) geregelt wird. In der Zeichnung ist die Einrichtung zum Regeln der charakteristischen Größe so eingezeichnet, daß eine Größe (K), die am Ausgang des Generatorteiles erfaßbar ist, geregelt wird. Statt dessen kann als charakteristische Größe (K) aber auch eine nur

im Generatorteil auftretende Größe geregelt werden, wenn diese nur einen eindeutigen Zusammenhang mit den Ausgangsgrößen des Generatorteils besitzt. Der 1. Sollwert (b) der in der Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe auftritt ist nun kein fest eingestellter Wert, sondern er wird durch die nachfolgend beschriebenen Teile der Gesamtanordnung eingestellt. Dazu ist zunächst eine Anzeigevorrichtung (4) vorhanden, die das Ausmaß des zwischen Chirurgiesonde (7) und Gewebe (8) brennenden Lichtbogens (9) mit einem elektrischen Signal (g) anzeigt. Als Anzeigevorrichtungen können alle bis jetzt bekannt gewordenen Schaltungen zur Erkennung eines Lichtbogens mit elektrischen Signalen dienen, also insbesondere auch alle in der Deutschen Patentschrift 25 04 280 beschriebenen Methoden. Das Ausgangssignal (g) der Anzeigevorrichtung für das Ausmaß des Lichtbogens ist einer Auswerteinrichtung (6) zugeführt die daraus und einem von einem Sollwertgeber (5) vorgegebenen Sollwert c den 1. Sollwert (b) für die Einrichtung zum Regeln mindestens einer der charakteristischen Größen des Generatorteils bildet. Für die Funktion der Gesamtanordnung ist es wichtig, das sich der 1. Sollwert (b) wesentlich langsamer, als mindestens eine Größenordnung langsamer verändert als die Regleinrichtung zum einregeln der charakteristischen Kenngröße benötigt. Mögliche Ausgestaltungen für die Auswerteinrichtung (6) sind in den Unteransprüchen und der dazugehörigen Beschreibung beschrieben und in mit den nächsten Figuren näher erläutert.

In Fig. 2 ist eine vorteilhafte Ausgestaltung der Auswerteinrichtung (6) schematisch dargestellt. Aus den Eingangssignalen (d), (c) der Auswerteinrichtung (6) wird durch eine differenzbildende Schaltung (12) das Differenzsignal e gebildet. Für die Realisierung der Schaltung sind dem Fachmann viele Möglichkeiten bekannt, eine davon ist die dargestellte Schaltung mit einem Operationsverstärker. Anschließend wird durch die Schaltung (13) der Mittelwert des Differenzsignals (e) gebildet. Die einfachste Form einer linearen Mittelwertbildung kann wie gezeichnet durch einen RC-Tiefpaß erfolgen. Andere Schaltungen mit Tiefpaßfunktion sind zur Lösung dieser Aufgabenstellung ebenso geeignet, insbesondere auch aktive Tiefpässe. Bei ihnen ist die normalerweise noch nötige Addition eines Offsetwertes zum Ausgangssignal besonders einfach zu lösen. Die Mittelwertbildung ist allerdings nicht auf den linearen Mittelwert, wie ihn Tiefpässe bilden beschränkt. Besonders vorteilhaft kann es sein, den quadratischen MITTELWERT des Differenzsignals zu bilden. In diesem Falle steigt dann allerdings der Schaltungsaufwand erheblich.

In Fig. 3 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Auswerteinrichtung (6) schematisch dargestellt. Aus den Eingangssignalen (d), (c) der Auswerteinrichtung (6) wird wie in Fig. 2 durch eine differenzbildende Schaltung (12) das Differenzsignal e gebildet. Danach folgt eine Schaltung mit integrierender Wirkung (14), wie sie z. B. mit Hilfe eines kapazitiv rückgekoppelten Operationsverstärkers realisiert werden kann. Die besonderen Vorteile dieser Schaltungsanordnung bestehen darin, daß das Ausmaß des Lichtbogens ohne bleibende Regelabweichung auf den durch den 2. Sollwert (c) geregelt wird, selbst wenn der 1. Sollwert (b) einen mit der Zeit oder der Betriebstemperatur der Schaltung veränderlichen Offsetwert aufweisen muß.

In Fig. 4 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Auswerteinrichtung (6) schematisch dargestellt.

Aus den Eingangssignalen (d), (c) der Auswerteinrichtung (6) wird wie in Fig. 2 und Fig. 3, durch eine differenzbildende Schaltung (12) das Differenzsignal e gebildet. Danach folgt eine Schaltung mit Tiefpaßverhalten (15) und/oder mit integrierender Wirkung. Zum Unterschied zu den in Fig. 2 oder Fig. 3 angegebenen Schaltungen besitzt diese Schaltung unterschiedliche Zeitkonstanten, je nachdem ob das Signal (d) das das Ausmaß des Lichtbogens anzeigt größer oder kleiner ist als das der 2. Sollwert (c). Die einfachste Möglichkeit solche unterschiedlichen Zeitkonstanten zu realisieren besteht darin, das speichernde Element der Schaltung zur Mittelwertbildung oder der Integrationsschaltung über unterschiedliche Widerstände an die vorhergehende Schaltung anzukoppeln. Die Umschaltung kann wie in Fig. 2 schematisch angedeutet durch eine Diode (D1) geschehen, die gleiche Funktion könnte aber auch über gesteuerte Schalter erreicht werden. Die Zeitdiagramme in Fig. 4 sollen die Funktion der Schaltung näher erläutern. Es sind zunächst in einem Diagramm die Eingangssignale (c) und (d) der Auswerteinrichtung (6) eingetragen. Der 2. Sollwert (c), der das gewünschte Ausmaß des Lichtbogens angibt, soll die ganze Zeit über konstant sein (C_0) (gestrichelte Linie). Für das Signal 2, das das tatsächliche Ausmaß des Lichtbogens anzeigt sind zwei Zustände gezeichnet. Zum Zeitpunkt t_1 ist das Ausmaß des Lichtbogens plötzlich größer geworden, und zwar um den Wert ΔD . Als Antwort darauf erniedrigt sich das Ausgangssignal b der Auswerteinrichtung, das für die nachfolgende Regeleinrichtung (3) den 1. Sollwert darstellt. Aufgrund des Tiefpaßverhaltens der mittelwertbildenden oder integrierenden Schaltung (15) dauert es eine endliche Zeitspanne T_1 bis das Ausgangssignal b einen bestimmte Abweichung ΔB vom zuvor angenommenen Wert B_0 erreicht hat. Als nächstes ist in den Diagrammen zum Zeitpunkt t_2 eine Abweichung ΔD des Signales d vom Wert $c = C_0$ in die Richtung gezeichnet, die ein vermindertes Ausmaß des Lichtbogens angibt. Nun dauert es eine deutlich größere Zeitspanne T_2 bis das Signal b die gleiche Abweichung ΔB vom Wert B_0 erreicht hat. Erfindungsgemäß soll die Schaltung (15) so ausgestaltet sein, daß die Zeitspanne T_2 wesentlich größer ist, als die Zeitspanne T_1 , also gilt $T_2 \gg T_1$. Die gezeichneten Zeitverläufe der Signale c, d und b sollen nur das prinzipielle Verhalten der Schaltung verdeutlichen, sie sind bei geschlossener Regelschleife in der tatsächlich realisierten Schaltung nicht in der gezeichneten Form meßbar. Jede Änderung des Signales b führt sofort zu einer Änderung der geregelten charakteristischen Kenngröße des Generatorteils und damit auch zu einer Änderung des Ausmaßes des Lichtbogens und zu einer Änderung des Signales d. Eine zeitlich konstante Abweichung des Signales d um den Wert ΔD ist somit bei geschlossener Regelschleife nicht möglich. Die Signale können in ähnlicher Form allerdings gemessen werden, wenn die Regelschleife, wie für prinzipielle Untersuchungen üblich an beliebiger Stelle aufgetrennt wird.

Die Fig. 5 stellt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Auswerteinrichtung dar. Der Schaltungsblock 6a ist dabei eine komplette in den Fig. 1-4 bereits beschriebene Ausgestaltung der Auswerteinrichtung 6. Bevor das Ausgangssignal b als 1. Sollwert (b) an die Regeleinrichtung weitergegeben wird ist nun noch eine Begrenzerschaltung 16 vorhanden, die ein Ansteigen des Signales b über einen Grenzwert B_{max} verhindert.

Die Fig. 6 stellt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Auswerteinrichtung dar. Der Schaltungsblock

6a ist dabei eine komplette in den Fig. 1-4 bereits beschriebene Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung 6. Bevor das Ausgangssignal 1a 1. Sollwert (b) an die Regeleinrichtung weitergegeben wird ist nun noch eine Begrenzerschaltung 16 vorhanden, die ein Ansteigen des Signales b über einen oberen Grenzwert B_{max} und ein Absinken unter einen unteren Grenzwert B_{min} verhindert.

Die Fig. 7 stellt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung dar. Der Schaltungsblock 6b ist dabei eine komplette in den Fig. 1-6 bereits beschriebene Ausgestaltung der Auswerteeinrichtung 6. Das Ausgangssignal des Schaltungsblockes (6b) wird nur als 1. Sollwert (b) an die Regeleinrichtung weitergegeben, wenn ein Lichtbogen vorhanden ist. In Zeiten in denen kein Lichtbogen vorhanden ist wird für das Signal b der voreingestellte Wert B1 durch den Umschalter (19) angelegt. Die Entscheidung über das Umschalten trifft der Schaltungsteil (18), der in einfachster Ausführung aus einem Komparator besteht, der feststellt, ob das Ausmaß des Lichtbogens, das durch das Signal d angezeigt wird, von Null verschieden ist.

In Fig. 8 ist eine weitere vorteilhafte Ausführung der Erfindung dargestellt. Fig. 8 stellt dabei nochmals schematisch die gesamte Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe dar. Zusätzlich zu den in Fig. 1 dargestellten Funktionseinheiten erscheint hier die Anzeigeeinrichtung (20) für die Impedanz Z mit ihrem Ausgangssignal g, das ebenfalls der Auswerteeinrichtung (6) zugeführt ist. Die Impedanz Z ist die Belastungsimpedanz, die an den Ausgangsklemmen (A1, A1') der Gesamtanordnung durch die Ankopplung an das biologische Gewebe auftritt. Durch Einbeziehen der Impedanz Z in die Bildung des 1. Sollwertes (b) für die Regeleinrichtung, kann noch mehr auf die momentanen Betriebszustände am Operationsort eingegangen werden.

Fig. 9 stellt eine einfache, aber besonders vorteilhafte Ausführung der Auswerteeinrichtung (6) dar, die den Wert der momentanen Impedanz Z zusätzlich mit auswertet. Dabei ist der Block 6c eine der in den Fig. 1 bis 7 beschriebenen Ausgestaltungen der Auswerteeinrichtung 6. Zusätzlich ist nun noch eine Vergleicherschaltung vorhanden, die feststellt, ob die momentane Impedanz größer oder kleiner als ein voreingestellter Wert Z_u ist. Ist $Z > Z_u$, so berührt die Chirurgiesonde das Gewebe nicht. In diesem Falle wird, durch den Umschalter (22) ein vermindert Wert B2 als 1. Sollwert b an die Regeleinrichtung der charakteristischen Kenngröße des Generatorteiles gegeben.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Schneiden von biologischem Gewebe mit Hochfrequenzstrom (1) mit einem HF-Generatorteil (2), das so ausgestaltet ist, daß mit einem elektrischen Signal (a) die an das Gewebe angelegte Spannung (U_G) in ihrer Amplitude verändert werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Regeleinrichtung (3) vorhanden ist, die eine der charakteristischen Kenngrößen (K) des HF-Generatorteiles auf einen einstellbaren 1. Sollwert (b) regelt, und daß eine Anzeigeeinrichtung (4) vorhanden ist, die das Ausmaß des beim Schneiden zwischen Chirurgiesonde (7) und Gewebe (8) auftretenden Lichtbogens (9) durch ein elektrisches Signal (d) anzeigt, und daß ein Sollwertgeber (5) vorhanden ist, der

einen 2. Sollwert (c) vorgibt, der das gewünschte Ausmaß des Lichtbogens beschreibt, und daß eine Auswerteeinrichtung (6) vorhanden ist, der das Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung (d) und der 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens (c) zugeführt ist, und die daraus den Sollwert (b) für die Regeleinrichtung in der Weise bildet, daß die maximale Änderungsgeschwindigkeit des Sollwertes (b) mindestens eine Größenordnung geringer ist, als die Geschwindigkeit mit der die Regeleinrichtung (3) die Kenngröße (K) des HF-Generatorteiles einregelt.

2. Anordnung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (6) zur Bildung des 1. Sollwertes für die Regeleinrichtung (b) eine Subtraktions-Schaltung (12) enthält, die ein Differenzsignal (e) aus dem Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung (d) und dem 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens (c) bildet, sowie eine Mittelwertbildende Schaltung (13), die dieses Differenzsignal (e) zeitlich mittelt.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung zur Bildung des 1. Sollwertes für die Regeleinrichtung eine Subtraktions-Schaltung (12) enthält, die ein Differenzsignal (e) aus dem Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung (d) und dem 2. Sollwert für das Ausmaß des Lichtbogens (c) bildet, sowie eine Integrations-Schaltung (14), die dieses Differenzsignal (e) zeitlich integriert.

4. Anordnung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4 dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung so ausgestaltet ist, daß sie bei einem Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung (d), das ein zu großes Ausmaß des Lichtbogens anzeigt, den 1. Sollwert (b) für die Regelschaltung um mindestens eine Größenordnung schneller vermindert, als sie ihn erhöht, wenn die das Ausgangssignal der Anzeigevorrichtung (d) gleichen Betrag der Abweichung nach zu geringen Werten hin besitzt.

5. Anordnung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4 dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung eine Begrenzerschaltung (16) enthält, die den Sollwert nicht über einen voreingestellten Grenzwert ansteigen läßt.

6. Anordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung eine Begrenzerschaltung enthält, so daß der 1. Sollwert (b), der nicht unter einem voreingestellten 1. Grenzwert liegt und nicht über einen voreingestellten 2. Grenzwert liegt.

7. Anordnung nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5d dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung eine Schaltung zur Lichtbogenerkennung (18) besitzt und daß solange ein voreingestellter Wert (B1) eines Gleichsignales (f) als 1. Sollwert an den Ausgang geschaltet ist, solange das Ausgangssignal der Anzeigeeinrichtung (d) anzeigt, daß kein Lichtbogen vorhanden ist und erst beim Auftreten eines Lichtbogens der 1. Sollwert (b) aus dem Vergleich des Ausgangssignales der Anzeigeeinrichtung (d) mit dem 2. Sollwert (c) gebildet wird.

8. Anordnung nach Anspruch 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Anzeigevorrichtung (20) vorhanden ist, die die momentane Impedanz (Z) anzeigt, mit der die Anordnung zum Schneiden von biologischen Gewebe durch das zu schneidende Gewebe am Ausgang (A1, A1') belasta-

stet ist, und daß deren Ausgangssignal (g) ebenfalls der Auswerteeinrichtung (6) zugeführt ist.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (6) einen voreingestellten, niedrigen Wert (B2) als 1. Sollwert (b) einstellt, solange sie aus dem Ausgangssignal (g) der Anzeigevorrichtung zur Bestimmung der momentanen Impedanz erkennt, daß die Impedanz (Z) größer ist, als ein vorgewählter Schwellwert (Zu).

10. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzeigevorrichtung zur Bestimmung der momentanen Impedanz (20) so gestaltet ist, daß ihr Ausgangssignal (g) nur zwei Schaltzustände aufweist, wovon der eine Schaltzustand auftritt, wenn die Belastungsimpedanz (Z) am Ausgang (A1, A1') der Vorrichtung zum Schneiden von biologischen Gewebe größer ist als ein voreingestellter Wert (Zu) und der zweite Schaltzustand eingenommen wird, wenn die Belastungsimpedanz (Z) kleiner ist als der voreingestellte Wert (Zu), und daß die Auswerteeinrichtung (6) einen voreingestellten niedrigen Wert (B2) als 1. Sollwert (b) durchschaltet, solange das Ausgangssignal (g) der Anzeigevorrichtung zur Bestimmung der Belastungsimpedanz (Z) sich in dem Schaltzustand befindet, der der Bedingung $Z > Z_u$ zugeordnet ist.

11. Anordnung nach 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Auswerteeinrichtung (6) enthaltenen Schaltfunktionen zumindest teilweise durch digital arbeitende Bausteine realisiert werden.

12. Anordnung nach 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Auswerteeinrichtung (6) enthaltenen Schaltfunktionen zumindest teilweise durch Programm-Algorithmen eines Mikroprozessors realisiert werden.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

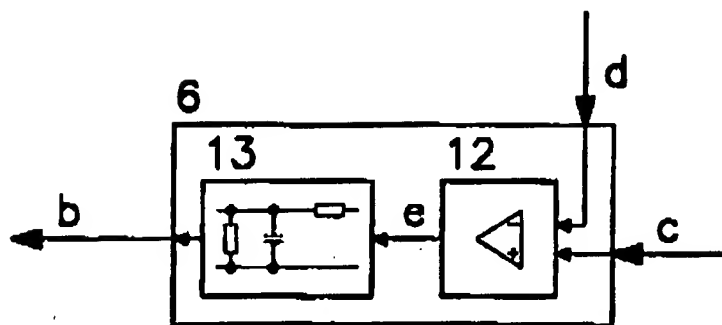


Fig. 2

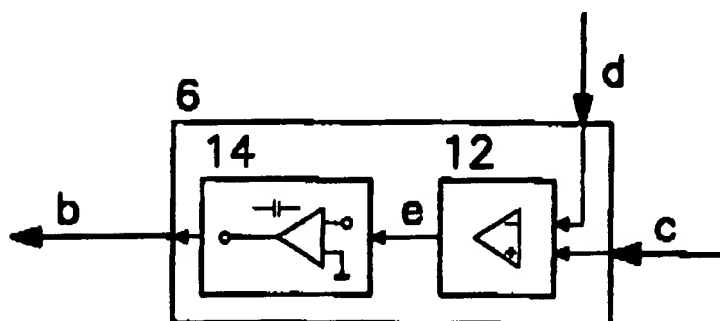


Fig. 3

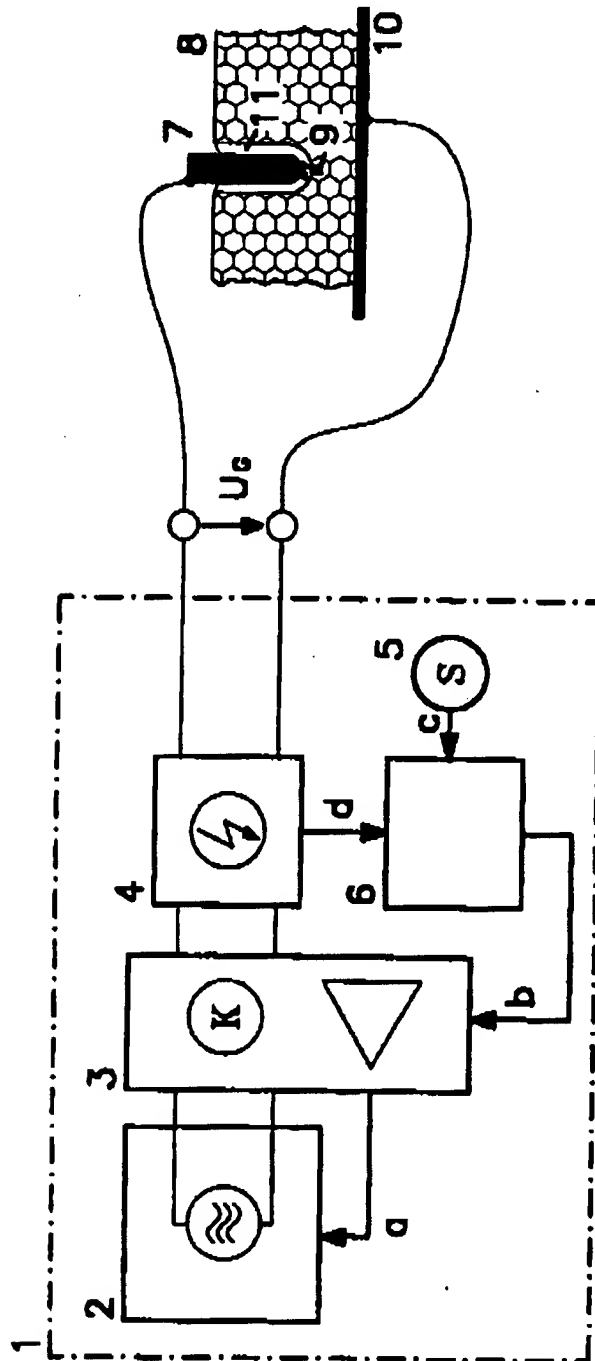


Fig. 1

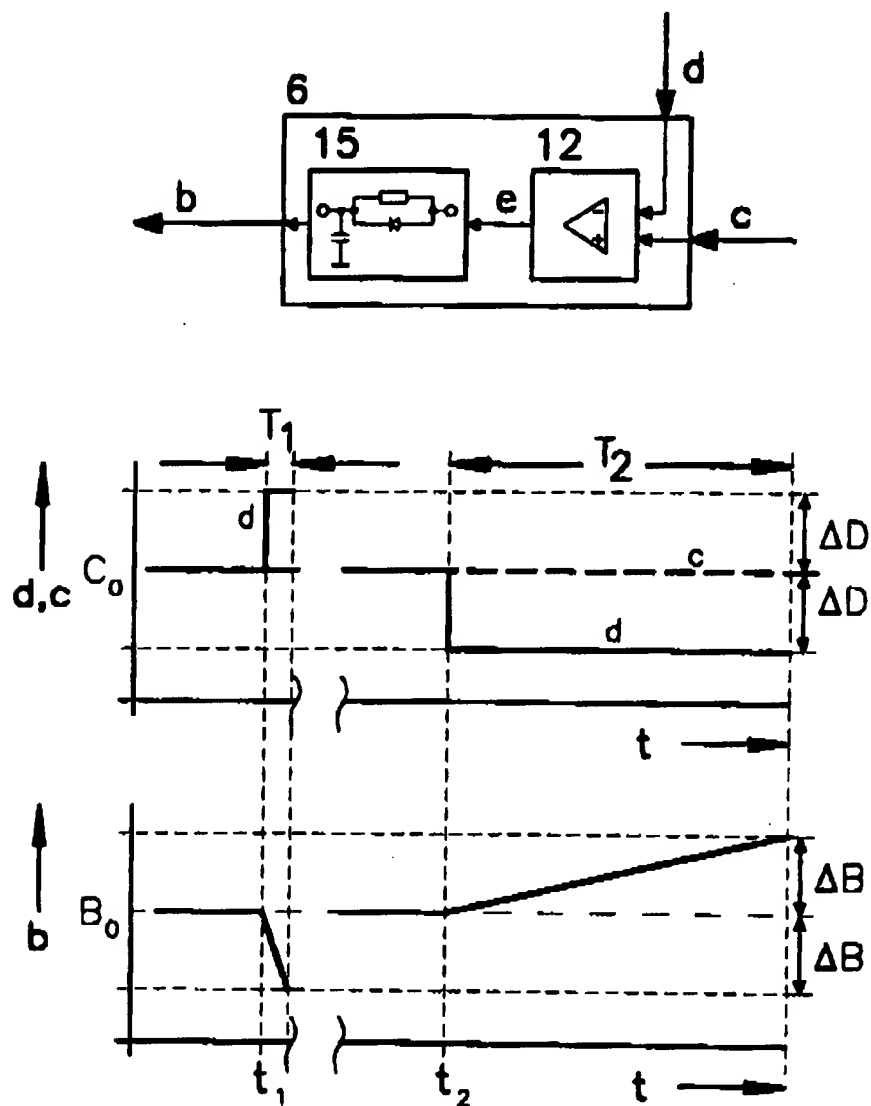


Fig. 4

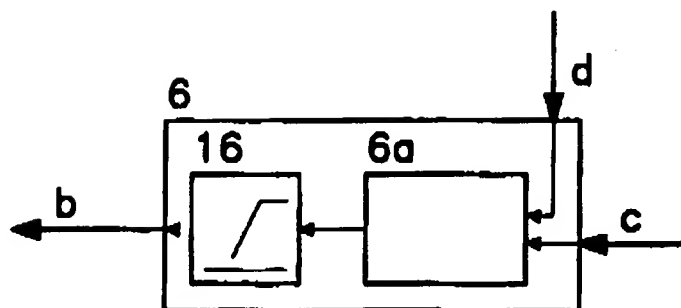


Fig. 5

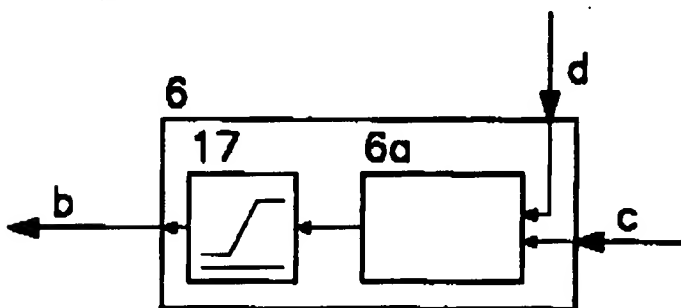


Fig. 6

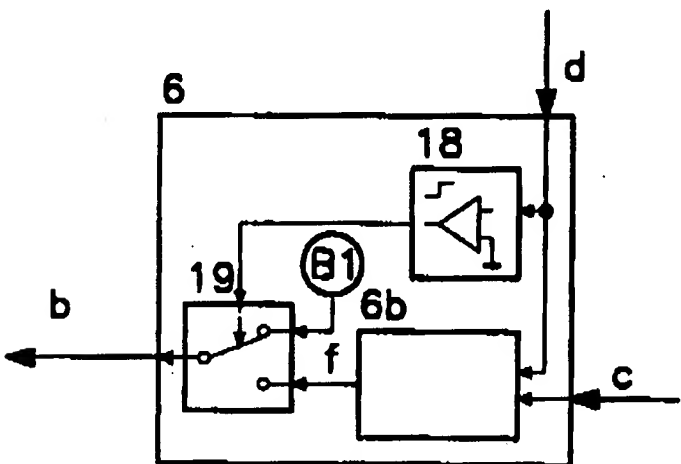


Fig. 7

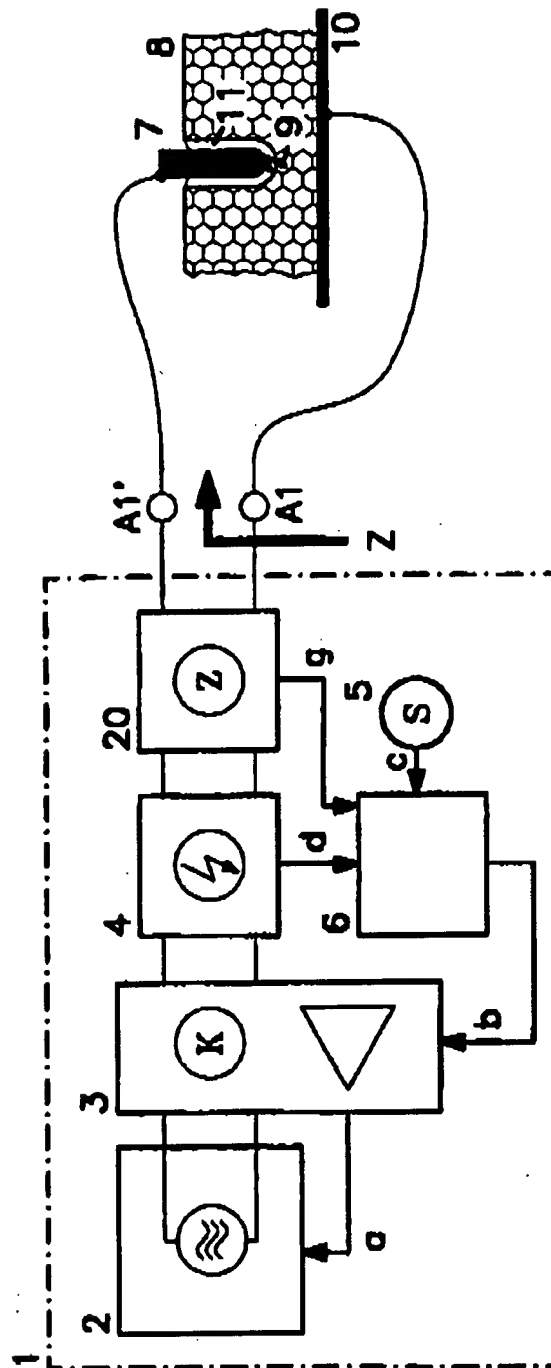


Fig. 8

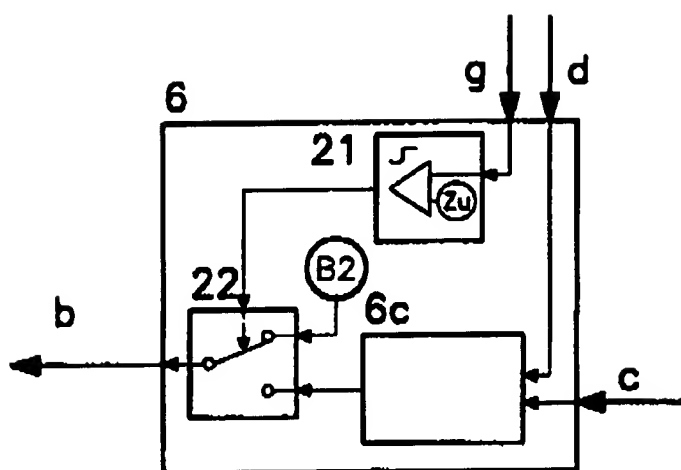


Fig. 9